©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Stimmbandspannung, experimentell geprüft

Dr. **L. Réthi,**

Privatdocent für Laryngologie und Rhinologie an der k. k. Universität Wien.

(Mit 2 Textfiguren.)

Aus dem physiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

In der 66ten Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien im Jahre 1894 habe ich eine vorläufige Mittheilung über die Messung der Stimmbandspannung gemacht, die auf einer Reihe von experimentellen Bestimmungen basirt war; ich habe einzelne Kehlkopfmuskeln darauf geprüft, ob und in welchem Grade sie bei ihrer Contraction einzeln und in Gemeinschaft mit anderen Muskeln zur Spannung der Stimmbänder beitragen.

Die Versuche habe ich an Hunden vorgenommen und hiefür ein Instrument benützt, das nach den Angaben des Herrn Prof. Sigm. Exner in der mechanischen Werkstätte des physiologischen Institutes ausgeführt wurde.

Das Princip des Instrumentes besteht darin, dass die Stimmbänder von innen her durch federnde Kraft bis zu einer gewissen Grenze eingedrückt werden und der Widerstand, den die Stimmbänder diesem Drucke entgegensetzen, d. h. die hiezu nöthige Kraft, markirt und dann empirisch ausgewerthet wird.

Das Instrument besteht im Wesen aus zwei in einem Charniergelenk *a* (Fig. 1[1]), beweglichen Hauptbranchen *b* (Fig. 1

[1] Diese Figur zeigt das Instrument von der unteren, Fig. von der oberen Seite.

©Akademie d. Wissens www.biologiezentrum.at

und Fig. 2), deren vordere, zum Einführen in die Glottis bestimmte Enden *c* behufs leichterer Handhabung ein wenig abgebogen und zugeschärft sind. Aussen liegt denselben vorne ein Paar feiner Contactbranchen *d d* an, welche durch die Federn

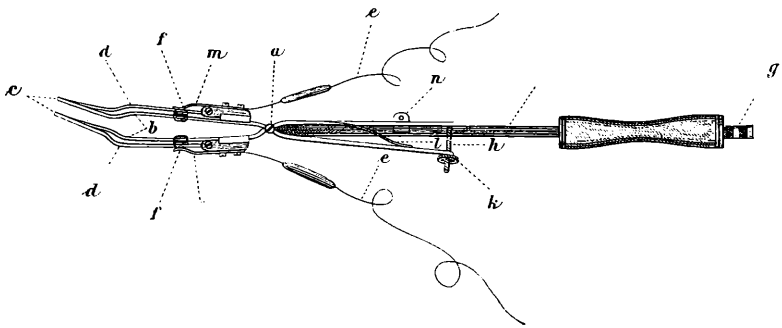

Fig. 1.

m m angedrückt werden, und diese stehen beiderseits durch die Leitungsschnüre *e e* mit einem elektrischen Läutwerk in Verbindung. Die scheerenartige Vorrichtung ist in *a* und *n* an einem Griff befestigt, welcher seinerseits die Führung für die

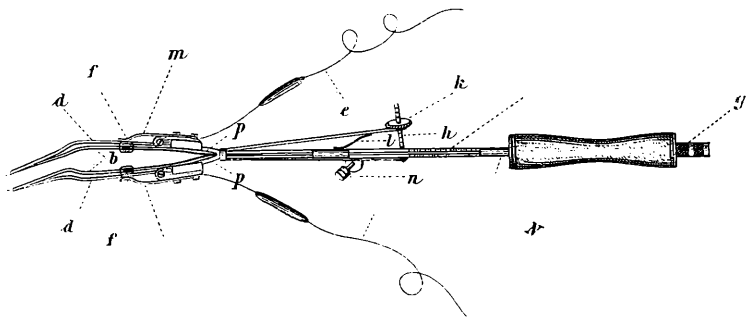

Fig. 2.

Schraubenvorrichtung *g* enthält. Durch diese Schraubenvorrichtung können die äusseren, die Contactbranchen, mittels der Drähte *p* (Fig. 2) und der Keile *f f* von den Hauptbranchen *b b* abgehoben werden. Liegen die Contactbranchen den inneren, den Hauptbranchen, an, so ist der Strom des Läutewerkes

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

geschlossen, werden sie dagegen durch die Keile mittels der Schraube *g* und die Drähte *p* abgehoben, so wird der Strom unterbrochen und die elektrische Glocke gelangt zur Ruhe.

Später habe ich statt der Glocke wegen der grösseren Empfindlichkeit eine Tangentenboussole benützt und geeignete Widerstände eingeschaltet, um nicht durch die zwischen den inneren und äusseren Branchen etwa vorhandene Flüssigkeitsschichte (Schleim) irregeführt zu werden. Die Nadel gelangte unter diesen Umständen zur Ruhe, wenn der metallische Contact aufgehoben war.

Die Branchen sind aussen durch eine aufgetragene Farbe mit einer Marke versehen, damit sie stets bis zur selben Tiefe eingeführt werden können.

Die Anwendung des Instrumentes ist nun folgende: Das Thier wird tracheotomirt, zur Vermeidung von activen Muskelbewegungen curarisirt und nach Spaltung der Membrana thyreohyoidea und des Zungenbeins, die Epiglottis, die Taschenbänder und ein Theil der über dem Glottisniveau befindlichen Cart. thyreoidea abgetragen.

Dann wird die Contactscheere mit der Schraube *k* soweit geöffnet, dass die Distanz der vorderen Enden von einander, der Glottisweite in der Mitte zwischen vorderer Commissur und Processus voc. entspricht und an dieser Stelle bis zur Marke eingeführt. Hierauf wird das Instrument mittels der Schraube *k* um ein bestimmtes, an der Theilung *h* ersichtliches Maass geöffnet, wodurch die Stimmbänder von innen her eingedrückt werden und die Schraubenvorrichtung *g*, die mit der Theilung *i* (Fig. 2) versehen ist, solange in Bewegung gesetzt, bis die Contactbranchen *dd* von den Hauptbranchen *bb* abgehoben und dadurch der Strom unterbrochen wird. Die Excursion, bis zu welcher das Stimmband durch das Öffnen der Contactscheere eingedrückt wird, ist also willkürlich gewählt, doch bei dem jeweiligen Versuche stets gleich gross, während die Kraft, mit der die äusseren Branchen abgehoben werden müssen, bis der Contact aufgehoben ist, von dem Grade der Stimmbandspannung abhängt; je grösser die Spannung, desto mehr Kraft muss hiebei aufgewendet werden und diese gelangt an der Theilung der Schraubenvorrichtung *i* zum Ausdruck.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Soll die Spannung während der Muskelreizung gemessen werden, sei es, dass die Glottis geschlossen oder weit geöffnet ist, so ist der Vorgang ganz ähnlich: das Instrument wird vorher für die jeweilige Glottisweite eingestellt, an der Scala *i* die Zahl abgelesen, bei der die Contactbranchen die Hauptbranchen gerade noch berühren, das Instrument eingeführt, die Stimmbänder durch Öffnen der Scheere mit der Schraube *k* bis zu einem an der Theilung *h* ersichtlichen Maasse von innen her eingedrückt, die Schraubenvorrichtung *g* bis zur Aufhebung des Contactes in Bewegung gesetzt und nun wieder bei *i* abgelesen. Die bei beiden Ablesungen sich ergebende Zahlendifferenz entspricht dem Grade der Spannung.

Ist die Stimmritze ganz oder theilweise geschlossen, so wird die Dicke des vorderen Scheerenendes an der Stelle der Einführung von der willkürlich gewählten Excursion abgezogen und die Scheere nach der Einführung in die Glottis um soviel weniger geöffnet, als ihre Dicke vorne beträgt. Ist z. B. die Glottis vollständig geschlossen, beträgt die willkürliche Excursion 1 Theilstrich und misst die Dicke der Scheere $^1/_2$ Theilstrich, so wird sie nur um $^1/_2$ Theilstrich geöffnet; soll die Excursion $^1/_2$ Theilstrich betragen, so wird das geschlossene Instrument einfach bis zur Marke eingeführt. Die geschlossene Scheere hatte vorne in der Höhe, wo sie eingeführt werden soll, eine Dicke von $1^1/_2$ *mm*, was einem halben Theilstrich entsprach.

Damit sind jedoch nur vorläufige Masse gegeben. Die absoluten Werthe gewann ich auf empirischem Wege in der Weise, dass ich denselben Vorgang bei gleichen Einstellungen der Zange an einem aus Seidenfäden hergestellten Modell wiederholte. Die durch Gewichte gespannten Fäden werden von einander in der Distanz der bei der Messung sich ergebenden Glottisweite eingestellt, und nachdem sie durch die federnden Branchen nach aussen abgeknickt und verlagert wurden, so lange belastet, bis der Contact der äusseren mit den inneren Branchen wieder hergestellt wird. Die behufs Belastung aufgelegten Gewichte geben den jeweiligen wirklichen Grad der Spannung und Festigkeit der Stimmbänder an.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Contraction der Kehlkopfmuskeln wurde, da die Thiere curarisirt waren, durch directe tetanische Muskelreizung, und zwar durch Einstechen von Elektroden oder durch Zuleitung der Ströme zu derart aufgelegten Stanniollamellen ausgelöst, dass der Strom möglichst alle Fasern eines Muskels treffen musste und Stromschleifen auf andere Muskeln vermieden wurden.

Jede Elektrode lief in zwei Nadeln aus, und die gleichnamigen Nadeln wurden in die analogen Enden der zu prüfenden beiderseitigen Muskeln eingestochen. Sollte mittelst Stanniolstreifen gereizt werden, so wurden gabelig gespaltene Elektroden mit den symmetrisch den Muskeln aufgelegten Streifen in leitende Verbindung gesetzt. Diese Anordnungen waren nöthig, weil die Art der Messung die synergische Action beider Kehlkopfhälften voraussetzt. Die Reize waren stets maximale.

Im Folgenden sollen nun einige Tabellen aus der Versuchsreihe vorgeführt werden, wobei das Gewicht des Thieres, die Stimmbandlänge berücksichtigt erscheint und der Grad der Stimmbandspannung bei schlaffen Stimmbändern und bei Reizung einzelner, sowie bei gleichzeitiger Reizung mehrerer Kehlkopfmuskeln durch Gewichte ausgedrückt wird.

So wiegt z. B. in dem ersten in der Tabelle I angeführten Versuche das Thier 8 *kg*, die Stimmbandlänge beträgt 17 *mm*, die Glottisweite in der Mitte bei schlaffen Stimmbändern 0·5 der Scala *h* und die Grenze, bei welcher der Contact bei nicht eingeführter Zange aufgehoben wurde, 0·5 der Scala *i*. Nun wurde das Instrument eingeführt und um 0·5 der Scala *h* geöffnet und die Schraubenvorrichtung am Griff in Bewegung gesetzt. Der Contact wurde bei 0·7 der Scala *i* aufgehoben, die Differenz der beiden Ablesungen auf dieser Scala ergab demnach 0·2, was bei der Auswerthung einem Gewichte von 10 *g* entsprach. In ähnlicher Weise sind auf dieser Tabelle die Zahlen bei Reizung verschiedener Muskeln und Muskelgruppen bei mehreren Versuchen zu ersehen.

Ich führe hier in Tabelle I bloss vier Versuche an, und in allen vier Versuchen wurde an der Einführungsstelle des Instrumentes durch dasselbe stets um 0·5 der Scala *h* erweitert.

In einer weiteren Tabelle ist der Zug der verschiedenen Muskeln einzeln (Tabelle II) oder in Gemeinschaft mit anderen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und die Festigkeit der Stimmbänder in Grammen ausgedrückt (Tabelle III), d. h. also lediglich die Stimmbandspannung bei maximaler Contraction der betreffenden Muskeln.

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen, differiren die absoluten Zahlen bei verschiedenen Versuchen oft sehr bedeutend von einander, aber an diesen Differenzen hat nicht so sehr das Gewicht des Versuchsthieres, auch nicht allein die verschiedene Stimmbandlänge, sondern vielmehr das oft verschieden derbe Gefüge der Stimmbänder und die verschiedene Dicke der Muskeln den grössten Antheil. Im Ganzen und Grossen bekommt man jedoch ziemlich gut ausgesprochene und oft bedeutende Zahlenunterschiede bei der Thätigkeit verschiedener Muskeln, und die Ergebnisse der Untersuchungen spiegeln gut die gangbaren Vorstellungen über den Einfluss einzelner Muskeln auf die Spannung der Stimmbänder wieder.

Die bei Reizung des M. crico-thyreoideus gewonnenen Zahlen lassen sich gut damit in Einklang bringen, was wir von diesem Muskel und seinem Einfluss auf die Stimmbandspannung wissen, da er der Spanner par excellence ist. Grösser werden die Zahlen bei gleichzeitiger Reizung des M. thyreo-arytaenoideus internus, da dieser bei seiner Contraction die Festigkeit des Stimmbandes innerhalb des musculösen Antheiles erhöht. Ebenso werden die Zahlen grösser bei gleichzeitiger Mitwirkung des M. crico-arytaenoideus posticus, der bei seiner Contraction mit einer Componente das Stimmband in die Länge zieht. Der Ringknorpel wird, wie jetzt allgemein angenommen wird und wovon man sich bei Reizung des M. crico-thyreoideus leicht überzeugen kann, vorne zum Schildknorpel hinaufgezogen, es wird ein Zug von hinten her mittelst des Arytaenoidknorpels ausgeübt, und dieser Zug wird durch die eine Componente des sich bei elektrischer Reizung contrahirenden M. crico-arytaenoideus posticus verstärkt. In der That sind die bei gleichzeitiger Reizung des M. crico-thyreoideus und M. crico-arytaenoideus posticus gewonnenen Zahlen in der Regel am grössten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle I.

Versuchs-Nummer	Gewicht des Thieres in Kilogrammen	Stimmbandlänge in Millimetern	Jeweiliger Zustand der Kehlkopfmuskeln	Glottisweite vor Einführung der Scheere	Contactgrenze bei Scheere: freigehaltener[1]	Contactgrenze bei Scheere: eingeführter[2]	Differenz[3]	Entspricht einem Gewicht von Grammen, circa
1	8	17	Bei schlaffen Stimmbändern	0·5	0·5	0·7	0·2	10
			Bei Reizung der Mm. crico-thyreoidei	0·5	0·5	1·6	1·1	480
			Reizung der Mm. crico-thyreoidei nach Abtragung der Mm. crico-arytaenoidei postici ...	0·5	0·5	1·5	1·0	320
	7	16	Bei schlaffen Stimmbändern	0·5	0·5	0·9	0·4	15
			Bei Reizung der Mm. crico-thyreoidei	0·4	0·5	1·6	1·1	480
			Bei Reizung der Mm. crico-arytaenoidei postici	2 25	0·5	1·25	0·75	130
			Bei Reizung der Mm. thyreo-arytaenoidei interni	0·5	0·5	1·3	0·8	150
			Bei Reizung der Mm. crico-thyreoidei und der Mm. thyreo-arytaenoidei interni	0·5	0·5	1·7	1·2	580
	6·5	21	Bei schlaffen Stimmbändern	0·5	0·5	0·75	0·25	20
			Crico-thyreoidei-Reizung ..	0·4	0·5	1·4	0·9	230
			Reizung der Mm. thyreo-arytaenoidei interni.	0·5	0·5	1·2	0·7	120
			Reizung der Mm. crico-arytaenoidei postici.	1·6	0·5	1·1	0·6	90
			Reizung der Mm. crico-thyreoidei und crico-arytaenoidei postici	0·5	0·5	1·7	1·2	580

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

			Bei schlaffen Stimmbändern	0·5	0·	0·7	0·2	15
			Bei Reizung der Mm. thyreo-arytaenoidei interni	0·5	0·5	1·4	0·9	230
4	7·5	18	Bei Reizung der Mm. crico-arytaenoidei und thyreo-arytaenoidei interni .	0 5	0·5	1·7	1·2	580
			Bei Reizung der Mm. crico-thyreoidei und crico-arytaenoidei postici	1·-	0·5	1·85	1·35	1000

[1] D. h. Stellung der Branchen, ausgedrückt in Scalentheilen von *i*, bei freigehaltener Scheere, wenn sich die Haupt- und Contactbranchen gerade berühren.

D. h. Stellung der Branchen, ausgedrückt in Scalentheilen von *i*, bei eingeführter Scheere, wenn sich die Haupt- und Contactbranchen gerade berühren, nachdem die Scheere um die willkürlich gewählte Grösse von 0·5 der Scala *h* geöffnet wurde.

Differenz der Ablesungen in Scala *i*, d. h. der vorhergehenden beiden Zahlen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle II.

Muskeln	Gewicht des Thieres in Kilogrammen	Muskelzug in Grammen
Mm. crico-thyreoidei	6·5	210
		465
	8	470
Mm. thyreo-arytaenoidei interni	6·5	100
	7	135
	7·5	215
Mm. crico-arytaenoidei postici	6·5	70
	7	115

Tabelle III.

Muskeln	Gewicht des Thieres in Kilogrammen	Muskelzug und Festigkeit des Stimmbandes in Grammen
Mm. crico-thyreoidei und Mm. thyreo-arytaenoidei interni		565
	7·5	565
Mm. crico-thyreoidei und Mm. crico-arytaenoidei postici	6·5	560
		985